

(6) について

【講義内容について】

- ・「結晶学の話は、結晶学の講義を取ってないと難しい」

必要最低限にと思いあのような形式になりました。これを手始めに、必要に応じて結晶学に戻ると良いかと思えます。無機化学 3 でも演習課題をやると良いのかもかもしれません。考慮します。

- ・「非鉄金属の実用例を知りたい」

金属元素に注目して実例は挙げていませんが、性質を中心に据えながら、物質の紹介もしてみたつもりなのですが、もう少し具体的にどういう分野のことでしょうか？

- ・「半導体と絶縁体の違いがわからない」

物理学の立場からは同じものです。ただし、禁制帯の幅が (比較的) 大きいものは絶縁体、小さいものは伝導体と呼ばれます。目安として、室温程度で十分な伝導性を持つならば半導体ですが、「室温」は人間の決めた温度なので、電気が流れる機構そのものに違いを生じるわけではありません (両方とも温度が上がると価電子帯から伝導帯に電子が移り、半導体的特性を示す)。

- ・「式の導出は退屈、あるいは不要 / 式の導出で理解が深まった」

理論的背景を納得するには数学的操作も必要なので、試験範囲から外し興味を持たた人だけ聞けるスタイルにしてみました。退屈だった人はその程度は知っているという方向で退屈だったのなら良いのですが。

- ・「ひとつひとつの説明をもっと丁寧にして欲しい / 磁性、超伝導などをもっと詳しく知りたい」

式の導出を縮小して各論を拡大するのは検討してみます。ただ、各論は拡大すると際限ない部分はありませんが。取り上げるトピックには、説明する人の好みも反映されます。

各論でもっと知りたい方向性はどのようなものだったのでしょうか。性質を表題に実例を増やした方が良いのか、その性質の理論背景をもっと詳しく知りたい可能性もありますね。

- ・「大学院の講義では、専門特化するか、身近な例 (プラズマとプラズマクラスターなど) を説明すると良いのでは? / 論文解説をやると良い」

突き抜けて専門特化 (相互作用のある磁性とか、量子効果で半整数スピンと整数スピン系の全く異なる振る舞いとか) してみようかと思っているのですが、誰のための講義なのかわからなくなりそうです。ところでプラズマクラスターはシャープの商標だからシャープだけなのであって、技術的な問題ではなく、科学用語のプラズマとは (たぶん) たいして関係ありません。私はプラズマクラスターやナノイーの効果に懐疑的な立場に近い位置で (自分で実験したわけではないので) 態度保留です。

論文解説はこれまた誰のための論文解説かという話になってしまいますが、興味深い話題は多そうですね。ともあれ、まだ一年以上先の講義なので、よく考えてみます。

- ・「研究室の紹介を聞きたい」

一般向けの講義なので、特に研究室の話題はしませんでした。1 回分くらいやっておくと、研究室見学の方の参考になるかもしれないので、やってみたいと思います。

- ・「超伝導の実演が面白かった」

初回講義では積極的に使っていこうと思います。もうひとつの磁気浮上物は何か、もう理解してもらえたのでしょうか。

【講義形式について】

・「課題をやってほしい」

去年も指摘されていてできなかった部分です。試験の答案が蓄積され、皆さんが苦手な部分に分かれれば対応しやすくなると思います。

・「配付資料は早めにほしい」

講義のある週の月曜日にアップしておりました。それでも遅いですか？

・「穴埋め式がよい／板書がよい」

無機化学2の時から賛否両論でしたが、さてどうしたものか。しばらく板書でやると思います。

・「板書の重要度に応じた色分け／板書多い」

チョークのカラーを多色にした方が良いという指摘がありましたが、できるだけ重要度は個人個人で見極めてほしいです。それが無理なら積極的に質問に来てください。

・「プロジェクターと板書の使い分けで混乱する／配付資料に図の説明をもっと書いてほしい」

図の配布は、お絵描きで手を煩わせることがないようにという配慮でして、説明した内容をそこに書き込むなり、自由に使えばいいかと思いきやあまり説明文を加えていません。何を書くべきか、書かなくていいのかも個人個人の判断かと思えます。

・「現象の動画は面白かったので、継続してほしい」

超伝導体の磁気浮上や液化ヘリウムの超流動など、ちょっと手間のかかる実験を見るには便利ですので、活用していくつもりです。実際に実物を見せられるものであれば、Webカメラを活用するなどしていくことも考えたいと思います。

・「参考となるホームページを紹介してほしい／講義資料では動画が見られないので、動画を見られるようにしてほしい」

図の引用元は配付資料に全て書いてあるはずですが。動画もどこかに勝手に持ってきて配布するわけにもいかないなので、参照 URL を書いてあります。

【試験について】

・「右ネジの方向が分からない」

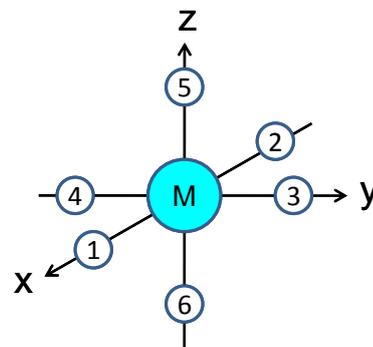
普通のネジは右ネジで作ってありまして、ネジを締める場合、ネジの頭（ドライバーのプラスやマイナスが切っただけの方）から見て時計回りに回すと、先端の方に向かって進みます。各軸の正の向きをネジの進行方向だとしたときに、ネジを締める方に回すことを右ネジの方向に回すと言っています。

・「テストに出ないと言うと講義に出席しなくなるので、言わない方が良いのでは？」

こちらとしては1人でも出席していればやることは同じなので、たいして困りません。また、出席しない人も興味のない話題に付き合わされなくて済み、自分がすべきだと思った他のことに時間が使えて有意義です。お互いに好ましい状態だと思います。

「テストに出るようなことを聞くことが有意義なので、自分が興味を持てるような他の話題をやった上でテストに出題せよ」ということでしたら、講義を選択する人が聞きたい分野の情報を提供するのもサービス業の務めでしょうから、考慮に値するとは思いますが、もう少し具体的にどんな分野の話に期待していたかお知らせいただければ幸いです。

- (1) 右図のように、中心金属に対して x, y, z 軸上の等距離の位置に 6 つの等価な一原子配位子を持つ錯体があるとき、次の対称操作を行った結果として、①、⑤の配位子はどの番号の場所に移るかを「(a) ①→②, ⑤→⑥」のように答えなさい。その対称操作により移動しない場合は「①→①」、対応する場所が存在しないときは「①→なし」のように書きなさい。ただし、回転方向は各軸に対し、右ねじの方向を正回転とし、 n 回転は正の方向に 1 ステップ対称操作をするものとしします。



指示としては①と⑤だけで良かったのですが、全部解答している人も居ました。①と⑤だけ採点しています。参考までに他の原子はカッコ内書いておきます。

(a) z 軸上の 2 回回転軸 :

z 軸を中心として x 軸を y 軸方向に 180° 回転させます (180° なので、この場合は逆回りでも同じ結果になる)

\therefore ①→②, ⑤→⑤ (②→①, ③→④, ④→③, ⑥→⑥)

(b) x 軸上の 3 回回転軸

x 軸を中心として y 軸を z 軸方向に 120° 回転させます

\therefore ①→①, ⑤→なし (④と⑥の間に来ます) (②→②, ③→なし, ④→なし, ⑥→なし)

(c) zx 面上の鏡映

zx 面を鏡に見立てると、両方鏡の上にいるので動きません (どちらかが動く問題にしたつもりでしたが、出題を間違えたようで……)

\therefore ①→①, ⑤→⑤ (②→②, ③→④, ④→③, ⑥→⑥)

(d) 中心金属に対する反転対称

原点に対して全ての座標をひっくり返します

\therefore ①→②, ⑤→⑥ (②→①, ③→④, ④→③, ⑥→⑤)

(e) z 軸に対する 4 回回映軸

z 軸を中心として x 軸を y 軸方向に 90° 回転後、 xy 平面に関して鏡に映す操作をします。

\therefore ①→③ (最初の 90° 回転で③に移り、そこから xy 鏡面で動かず), ⑤→⑥ (最初の 90° 回転で動かず、そこから xy 鏡面で⑥へ) (②→④, ③→②, ④→①, ⑥→⑤)

4 回回映軸を書いていた人も多数いまして、説明が紛らわしかったかもしれないので、こちらを一応正解にします。その場合は z 軸を中心として x 軸を y 軸方向に 90° 回転後、原点に対して全ての座標をひっくり返します。このとき①→④ (最初の 90° 回転で③に移り、そこから原点に対する反転対称で④へ), ⑤→⑥ (最初の 90° 回転で動かず、そこから原点に対する反転対称で⑥へ) (②→③, ③→①, ④→②, ⑥→⑤)

- (2) 金属酸化物や有機物など、通常は伝導性が無いと考えられる物質に対して伝導性を発生させる方法について、具体例を挙げて説明しなさい (方法はいくつかありますが、具体的な物質に対して対応する 1 種類を説明できれば構いません)。

講義中で紹介した例はもちろん、そうでなくても正しければ構いません。

例としては

- ・定番のシリコン半導体におけるヒ素（電子過剰元素）やホウ素（電子欠乏元素）のドーピング
- ・酸化インジウムスズ（ITO）における、酸化インジウムに対する酸化スズドーピング
- ・ダイヤモンドへのホウ素ドーピング
- ・有機ドナー分子への電解酸化による電荷移動
- ・ヨウ素結晶に対する超高压印加（ヘリウムすら超高压で伝導性が表れる）

(3) 「磁化率」とは磁性体のどのような性質を反映した物理量か、磁化率の符号や値の大小がどういった意味を持つかという観点から説明しなさい。

以下の内容が含まれていれば良いかと思います。

- ・磁化率の符号が正であれば磁場に対して磁化が平行に向き、磁場に引き付けられる性質を示すのに対し、負の場合は磁化が磁場に対して反平行になり、磁場と反発すること
- ・磁化率の絶対値が大きければ、微小な磁場に対して大きな磁化を示すことから、磁場の大きさあたりの作用する力が大きくなるが、小さければ磁場に対して示す磁化が小さいため、磁場の作用を受けにくい（相互作用の大きさ自体を表す量ではないことに注意）

(4) 誘電体の分極の原因は、大きく「電子分極」、「イオン分極」、「双極子分極」に由来していますが、各々がどのような機構で分極を生じるのかを説明しなさい。

電子分極：単独の原子内で電子分布が原子核に対して相対的に変位することで生じる（電子と原子核の変位）

イオン分極：イオン性化合物や構成原子間に電荷の偏りを持つ酸化物などで見られるように、正負の電荷を持つイオンが、互いに相対的に変位することで生じる（原子／イオン同士の変位）

双極子分極：分子性結晶において、永久双極子モーメントを持つ分子自身の配向がランダムか整列するかの違いによって生じる（分子の向きの問題）

(5) ^{196}Hg — ^{204}Hg の範囲の水銀同位体を様々な平均原子量 M をとるようにして超伝導転移温度 T_{SC} を測定したところ、 $T_{\text{SC}} \propto M^{-1/2}$ の関係が得られた。この実験事実から、超伝導現象はどのような相互作用に由来すると考えられるかを述べなさい。

伝導性に関わるので、運動する電荷が必要になり、電子が関与していることは予想される。また、原子の質量のほとんどを担っているのは原子核だが、その質量にも影響されているので、原子核が関与しているのも予想される。以上から電子と原子核の相互作用（もっと言えば電子—格子相互作用だが、問題文の範囲では原子核と格子が結びつけられなくてもやむを得ない）に由来する機構で超伝導現象が起きていると考えられる。